心理学报 2022, Vol. 54, No. 4, 331–342
Acta Psychologica Sinica

https://doi.org/10.3724/SP.J.1041.2022.00331

面孔表情和声音情绪信息整合对返回抑制的影响*

张 明[1,2] 王婷婷[1] 吴晓刚[3] 张月娥[1] 王爱君[1]

([1]苏州大学心理学系, 心理与行为科学研究中心, 苏州 215123)
([2]日本国立岡山大学健康系统统合研究院, 冈山 700-8530) ([3]苏州科技大学心理学系, 苏州 215009)

摘 要 返回抑制(inhibition of return, IOR)与情绪刺激都具有引导注意偏向、提高搜索效率的特点, 但二者间是否存在一定的交互作用迄今为止尚不明确。研究采用“线索−目标”范式并在视听双通道呈现情绪刺激来考察情绪刺激的加工与IOR的交互作用。实验1中情绪刺激以单通道视觉面孔或一致的视听双通道呈现, 实验2通过在视听通道呈现不一致的情绪刺激进一步考察视听双通道情绪一致刺激对IOR的影响是否是由听觉通道一致的情绪刺激导致的, 即是否对听觉通道的情绪刺激进行了加工。结果发现, 视听双通道情绪一致刺激能够削弱IOR, 但情绪不一致刺激与IOR之间不存在交互作用, 并且单双通道的IOR不存在显著差异。研究结果表明仅在视听双通道呈现情绪一致刺激时, 才会影响同一阶段的IOR, 这进一步支持了IOR的知觉抑制理论。

关键词 返回抑制, 情绪, 视听觉整合
分类号 B842

1 引言

在注意系统中存在一种现象, 对曾经注意过的位置或物体会发生一个先易化后抑制的过程, 这个抑制的过程被称为返回抑制(inhibition of return, IOR) (Posner & Cohen, 1984)。该过程可以帮助人们避免关注曾经注意过的物体或位置, 从而偏向新颖的物体或位置来提高搜索效率, 减少不必要的搜索过程(Klein, 2000; Redden et al., 2021; Wang et al., 2010)。关于IOR的产生阶段问题, 一直存在两种观点, 一种是知觉抑制理论, 这一理论认为IOR现象阻碍对曾经搜索过的位置进行再次注意, 使注意重新定向到其他未搜索过的位置, 这种现象是对注意的本身进行的一种抑制, 即IOR是一种注意后效, 能够影响刺激的早期知觉加工。已有研究发现, 反映在早期知觉阶段受到加工的P1和N1成分的波幅在无效线索化条件下增强, 验证了IOR是通过抑制对有效线索位置刺激的早期知觉加工而产生的观点(Hopfinger & Mangun, 2001; Prime & Jolicœur, 2009)。另一种反应抑制理论则认为, IOR仅是一种避免对线索化位置做出反应的运动偏向, 表现为延迟对线索化位置的目标进行反应。以往研究结果也发现在有效线索化条件下代表反应抑制成分(Go/Nogo-N2)产生的波幅小于无效线索化条件, 且出现的时间更早(Taylor & Klein, 1998; Tian & Yao, 2008)。

注意系统中的IOR现象可以有效的帮助人们偏向新颖刺激, 提高搜索效率(Klein, 2000; Lupiáñez et al., 2006)。此外, 已有研究发现人类对情绪刺激具有高度敏感性, 它能够引起人类的注意偏向进而获得优先加工, 尤其是与人类生存密切相关的恐惧等负性情绪刺激(Anderson & Phelps, 2001; Pourtois et al., 2013)。既然IOR与情绪刺激均能够引起注意偏向, 提高搜索效率, 这两者之间是否可以存在相互影响, 引起了研究者的关注。情绪与IOR相关研

收稿日期: 2021-06-24
* 国家自然科学基金(31871092, 31700939)、教育部人文社会科学基金(17YJC190024)和日本学术振兴会(JSPS)基础研究项目(20K04381)资助。
王婷婷和张明同为第一作者
通信作者: 王爱君, E-mail: ajwang@suda.edu.cn; 张明, E-mail: psyzm@suda.edu.cn

究的焦点集中在 IOR 经典范式下产生的 IOR 效应是否受到情绪刺激的影响，但以往研究的结果并不一致(Berdica et al., 2017; Jia et al., 2019; Pérez-Dueñas et al., 2009, 2014; Rutherford & Raymond, 2010; Silvert & Funes, 2016)。考察二者之间关系的研究，大致分为两类：一类研究将情绪刺激呈现在 IOR 经典范式中的线索位置，少数研究结果发现负性线索后的 IOR 效应量减少(Okon-Singer et al., 2020; Pan et al., 2017)，而多数研究并没有发现情绪线索与 IOR 的交互作用(Berdica et al., 2017; Lange et al., 2008; Stoyanova et al., 2007)。这些研究认为情绪刺激不会对 IOR 产生影响，支持 IOR 具有“盲目性”，不会受到刺激性质干扰的观点。有研究者认为，线索是以一种自动的外源性注意引起人们的关注，这导致对线索类型的特征的忽视(Baijal & Srinivasan, 2011; Jia et al., 2019; Pérez-Dueñas et al., 2009, 2014; Silvert & Funes, 2016; 王敬欣 等, 2013)，所以当情绪刺激出现在线索化位置时不会受到 IOR 的影响。另一类研究将情绪刺激作为目标来探讨情绪刺激与 IOR 的交互作用。研究认为，如果个体的注意被情绪刺激优先捕获从而使定位反应加快，那么当它们出现在有效线索位置时会导致 IOR 效应会减少甚至消失(Silvert & Funes, 2016; 王敬欣 等, 2013)。Baijal 和 Srinivasan (2011)的研究中，要求被试在检测到面部目标出现时进行按键反应，结果发现负性情绪面孔目标削弱了 IOR 效应。Rutherford 和 Raymond (2010)的研究结果发现，相比于中性刺激目标，负性刺激目标产生了较少的 IOR 效应量。Silvert 和 Funes (2016)的研究采用面孔情绪效价辨别任务也发现了负性(恐惧)面孔比中性面孔的 IOR 效应量更少且出现的时间更晚。以上研究结果支持了 IOR 是一种“适应机制”，会受到具有生物意义的情绪刺激的影响(Fox et al., 2002; Pérez-Dueñas et al., 2014; Taylor & Therrien, 2008; 王敬欣 等, 2013)。但也有一些研究结果发现，采用辨别任务考察情绪刺激与 IOR 的加工过程时，线索有效性和面孔效价在行为反应时和眼动结果上的交互作用均不显著(关荐 等, 2018)，且不同情绪效价的 N170 成分并没有受到 IOR 的影响(Jia et al., 2019)。对此，研究者认为 IOR 发生在知觉层面，是一种自下而上的加工，但辨别视觉情绪效价的实验任务是一种自上而下的加工过程。由于二者处于不同的加工过程中，因此不会产生相互的影响。

与单通道刺激相比，视听双通道刺激整合后能够产生一种促进作用，即冗余效应(redundant effect)，帮助被试准确且快速的对双通道刺激进行反应(Miller, 1986; Talsma & Woldorff, 2005)。此外，视听双通道刺激发生视听觉整合后能够增强视听觉目标的感知觉显著性，从而吸引个体的注意。这一特点有利于快速地检测、精准地识别以及有效地定位到相关信息(Stein & Stanford, 2008)。那么当发生整合后，增强感知显著性的视听目标出现在曾经注意过的位置(产生 IOR 效应)时是否对 IOR 有影响，这一问题引起了研究者的关注。van der Stoep 等(2017)以视觉线索诱发不同目标通道条件下的 IOR 探讨了 IOR 是否会影响视听觉整合效应。以往研究表明相对多感觉反应增强(relative amount of multisensory response enhancement, rMRE)能够有效反映视听觉整合效应(Miller, 1986; Ulrich et al., 2007)，因此该研究通过比较有效线索和无效线索条件下的 rMRE 值来说明 IOR 对视听觉整合的影响。结果发现，无效线索条件下的 rMRE 值显著高于有效线索条件，这表明相比于无效线索条件，有效线索条件下视觉线索引起的 IOR 降低了视听觉整合效应。此外，Tang 等(2019)进一步操纵了基于通道的注意，考察了单通道选择性注意和双通道分散性注意条件下视听觉整合效应对 IOR 的影响。结果发现，在选择性注意条件下，不同目标通道的 IOR 效应量无显著差异；同时，rMRE 值在线索有效性上也没有显著差异。但分散性注意条件下发现视听双通道目标存在 IOR 效应，但效应量显著小于视觉通道目标产生的 IOR 效应量；有效线索位置的 rMRE 值显著小于无效线索位置，这表明在有效线索位置上比无效线索位置产生了更小的视听觉整合效应。之所以产生这样的结果是因为视听觉整合能够增强同时呈现的视觉刺激的知觉显著性(van der Burg et al., 2011)，而 IOR 是一种通过降低曾经注意过位置的知觉显著性来相应增强其他未注意位置显著性的机制(Klein, 2000)。因此，当视听觉目标呈现在有效线索化位置时，增强知觉显著性的视听觉目标可能会削弱 IOR 产生的抑制效应，从而导致视听觉目标的 IOR 效应量小于视觉目标的 IOR 效应量(Tang et al., 2019)。综上，以往的研究支持视听觉整合与 IOR 之间具有一定的交互作用。

当我们在日常交流中感知他人情绪时，仅仅通过他人的面部表情或者声音表达很难准确地把握他人真实的情绪状态。但如果看到他人表情的同时听到他人的声音，人们就能更加有效的体会他人的

情绪, 从而促进人与人之间良好的交往。以往视听双通道呈现情绪刺激的研究结果也证实了, 整合加工后的视听双通道情绪一致刺激能够加快被试对情绪刺激的识别, 引起更大的情绪注意偏向(Klasen et al., 2014)。ERP 研究结果发现, 当以视听双通道呈现情绪效价一致的刺激时, 会自动在早期 100 ms 内发生整合加工(Pourtois et al., 2000)。即使要求被试只注意一种通道的情绪, 视听双通道情绪一致刺激的整合也会发生(de Gelder & Vroomen, 2000)。也有研究发现, 当视听双通道呈现一致的视觉情绪和听觉情绪时, 比单通道诱发了波幅更小的 N1 和更大的 P2 波幅(Jessen & Kotz, 2011; Kokinous et al., 2015)。这些研究均表明, 视觉和听觉情绪一致刺激在早期知觉阶段就得到加工(李萍　等, 2019)。根据知觉抑制理论, IOR 通过影响刺激的早期知觉加工来抑制对曾经搜索过的位置的注意, 这与视听双通道情绪一致刺激的整合加工发生的加工阶段相同。而以往采用经典的 IOR 范式的研究通常以单通道视觉形式呈现情绪刺激, 并且, 以往对情绪刺激与 IOR 关系的研究结果并不一致, 实验结果会受到情绪刺激呈现的位置、实验任务以及被试特性等因素的影响。因此, 本研究采用线索−目标范式, 并将视听双通道情绪一致刺激作为目标进一步地考察情绪刺激与 IOR 在同一加工阶段时, 情绪刺激对 IOR 的影响。研究分为两个实验, 采用线索−目标范式考察视听双通道情绪一致刺激对 IOR 的影响。实验 1 探讨视听双通道情绪一致刺激对 IOR 的影响。实验 1 假设, 由于视听双通道情绪一致刺激与 IOR 的加工阶段相同, 此时二者之间会产生注意资源的竞争, 而情绪刺激会占用更多的加工资源, 所以视听双通道情绪一致刺激能够影响 IOR, 即视听双通道条件下情绪一致刺激能够削弱 IOR 效应。此外, 以往视听目标 IOR 效应的研究发现当同时呈现非情绪性的听觉刺激时, 也会发生视听觉整合, 促进视觉加工, 从而影响 IOR 的产生(Tang et al., 2019; van der Stoep et al., 2017)。那么视听双通道情绪一致刺激对 IOR 的影响是否是由听觉通道一致的情绪刺激导致的, 即是否对听觉通道情绪刺激进行了加工。因此, 为了进一步考察视听双通道情绪一致刺激对 IOR 的影响, 本研究在实验 1 的基础上进行了实验 2, 仅操纵听觉通道的情绪刺激效价与视觉通道的情绪刺激效价不一致, 其他条件与实验 1 相同。实验 2 假设视听双通道呈现不一致的情绪刺激时, 视听双通道情绪不一致刺激与 IOR 之间不存在交互作用。

2　实验 1：视听双通道情绪一致对返回抑制的影响

2.1　方法

2.1.1　被试

本实验在苏州大学随机招募 33 名被试, 被试的听力, 视力或矫正视力正常, 习惯手均为右手, 未有精神疾病, 并报告未参加过同类实验, 于实验结束后获取相应的报酬。其中有 2 名被试正确率低于 80%, 低正确率的出现可能是由被试不认真或注意力不集中导致, 因此后续的数据分析中排除 2 名低正确率的被试, 共 31 名被试(男生 15 名, 女生 16 名, 平均年龄 19.97 ± 2.06 岁)纳入后续的数据分析。为了评估本研究的统计检验力, 通过软件 G*Power 3.1 (Faul et al., 2009; Faul et al., 2007)对双侧配对样本 t 检验进行了敏感性分析(sensitivity analysis), 设置 $\alpha = 0.05$, power = 0.80, 计算出 effect size $dz = 0.52$, 根据以往研究本研究的效应量达到了中等效应量, 因此本研究的统计检验力较好。

2.1.2　实验仪器与材料

整个实验过程在隔音且较暗的室内环境里实施。所有的刺激呈现在 23 英寸的 Dell-3020MT 型号显示器上, 分辨率为 1024 × 768, 刷新率为 60 Hz。实验使用白色背景, 其中每个矩形框的水平视角为 2.34°, 垂直视角为 3.36°, 三个矩形框的视角范围约为 ± 5°, 实验过程中的中央注视点的水平和垂直视角均为 0.5°, 线索是空心圆环, 中央线索是黑色圆环, 水平和垂直视角均为 2°。实验过程中保持被试的双眼距离显示器屏幕中央约为 65 cm。实验在 E-prime 2.0 中完成程序的编写、呈现和数据归纳记录。

有研究认为, 哺乳动物存在一个进化的恐惧系统, 以快速检测存在社会威胁的面部表情, 即与其它信号相比, 人类大脑更容易识别到恐惧刺激(Anderson et al., 2003; Mineka & Öhman, 2002; Troiani et al., 2014; Vizueta et al., 2012)。且以往采用线索−目标范式来探讨情绪与返回抑制关系的研究也多采用恐惧情绪面孔与中性情绪进行对比, 如 Silvert 和 Funes (2016)采用线索−目标范式, 并要求被试辨别靶子位置呈现的是恐惧面孔还是中性面孔来探讨视觉情绪刺激与返回抑制的关系, 结果发现负性(恐惧)面孔比中性面孔的 IOR 效应量更少且出现的时间更晚。因此, 本研究选择恐惧面孔与中性面孔

作为情绪刺激材料。

视觉材料：选自 NimStim 刺激库(Tottenham et al., 2009)中 4 个人的面孔表情图片，每个人包括负性(恐惧面孔，效价：3.37 ± 0.33 分；唤醒度：5.70 ± 0.32 分)、中性(平静面孔，效价：4.57 ± 0.19 分；唤醒度 3.45 ± 0.29 分)两种面孔表情图片，共有 8 张图片，男女比例为 50%，并将图片亮度、对比度和尺寸在 Adobe PhotoShop 2019 图像处理软件中调整统一。

听觉材料：选自蒙特利尔情绪声音刺激库(Belin et al., 2008)中 4 个人的情绪声音，每个人包括负性(恐惧声音，效价：3.36 ± 0.28 分；唤醒度：5.30 ± 0.68 分)、中性(平静声音，效价：4.54 ± 0.25 分，唤醒度：3.50 ± 0.24 分)两种情绪声音，共有 8 个声音，男女比例为 50%，之后经 Adobe Audition CC 软件进行处理，截取声音时长为 1000 ms，采样率为 44100 Hz，并将每个声音都剪辑成左声道和右声道两种，被试只能从单耳听到每个声音。声音刺激通过头戴式耳麦(ATH-WS99)呈现，音量均控制在 65 dB。

2.1.3 实验设计与流程

实验采用 2 (线索有效性：有效 vs.无效) × 2 (刺激通道：视觉 vs.视听觉) × 2 (情绪效价：负性 vs.中性)的被试内设计，因变量为反应时和正确率。实验中视听双通道情绪呈现是指在显示器屏幕上看到视觉情绪面孔的同时，同侧耳麦会播放相应的情绪效价一致的声音情绪(视觉负性面孔−听觉负性声音；视觉中性面孔−听觉中性声音)。

采用线索−目标范式，并在线索和目标中间加入了中央重定向事件(中央线索)诱发更稳定的 IOR 现象，SOA 在 1000~1100 ms 内变化(Prime & Ward, 2006; Taylor & Therrien, 2008)。每个试次的实验流程如图 1 所示：开始前屏幕中出现 3 个矩形框，中央注视点“+”呈现在中间矩形框中。750~850 ms 后一个空心的圆环以相等的概率出现在两边矩形框中的一个作为外周线索，呈现时长 200 ms。在 300 ms 间隔后，中央注视点“+”被黑色圆环替换(中央线索)，经过 200 ms 后又变回中央注视点“+”。之后间隔 300~400 ms，呈现目标刺激(视觉情绪面孔 vs.视觉情绪面孔−听觉情绪声音)，目标刺激以相等的概率出现在左边或右边的矩形框中，要求被试在目标呈现后辨别视觉面孔情绪效价，同时尽可能快速准确地做出按键反应，中性按键盘 F 键，负性按键盘 J 键(反应键在另外一半被试中进行了平衡，即中性按键盘 J 键，负性按键盘 F 键)，按键后目标刺激消失(刺激最长呈现时间为 1000 ms)，并且要求被试在实验全程盯住中央注视点“+”。

实验由练习实验和正式实验两个部分组成，练习实验有 64 个试次，用于被试循环练习来熟悉明白实验程序。正式实验中有 576 个试次，其中包含 64 个捕获试次(无任何目标刺激出现)，分为 4 个 block 进行，每个 block 有 144 个试次。实验中，性和负性刺激(1 : 1)，视觉单通道和视听双通道(1 : 1)以及有效线索、无效线索(1 : 1)均随机出现。被试可以在两个 block 间短暂休息 1 分钟，整个实验时长约为 60 分钟。

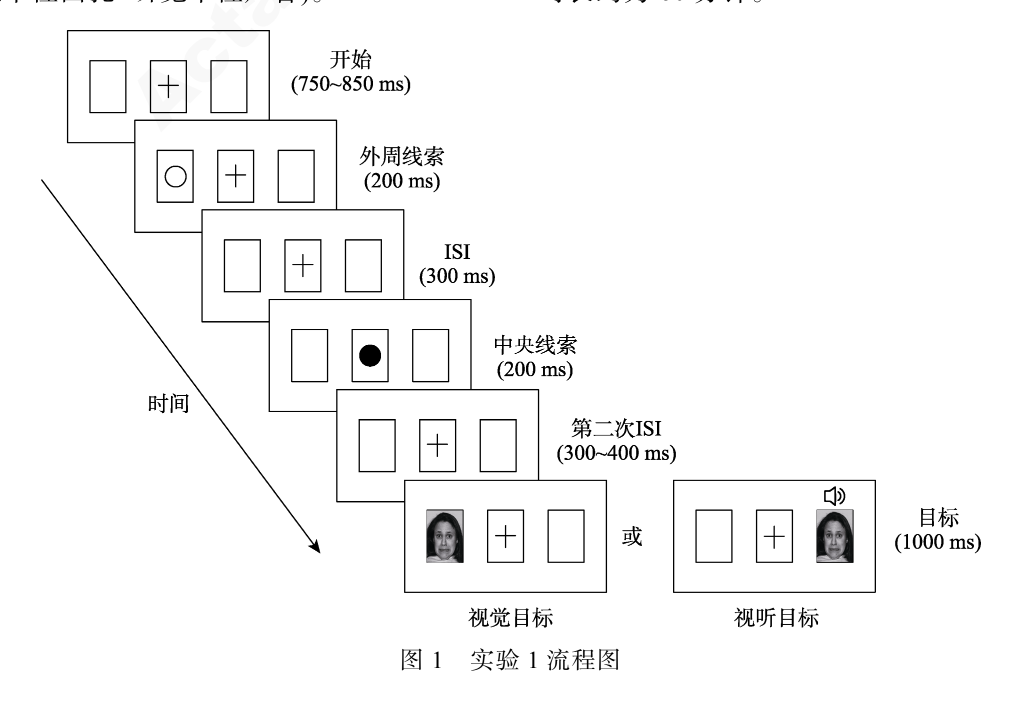


图 1 实验 1 流程图

2.2　结果与分析

2.2.1　正确率

对正确率进行 2 (线索有效性：有效线索 vs.无效线索) × 2 (通道：视觉 vs.视听觉) × 2 (情绪效价：负性 vs.中性)的重复测量方差分析，结果发现，线索有效性主效应不显著，$F(1, 30) = 2.04$, $p = 0.16$; 通道主效应显著, $F(1, 30) = 7.81$, $p = 0.01$, $\eta_p^2 = 0.21$, 即单通道视觉目标的正确率(97%)显著低于视听双通道目标(98%)，体现了双通道加工的优势；情绪效价主效应显著, $F(1, 30) = 7.55$, $p = 0.01$, $\eta_p^2 = 0.20$, 即辨别负性目标的正确率(97%)要显著小于中性目标(98%)；线索有效性与通道的交互作用不显著，$F < 1$；线索有效性与情绪效价的交互作用不显著，$F < 1$；通道与情绪效价的交互作用显著，$F(1, 30) = 47.58$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.61$；线索有效性、通道和情绪效价三因素交互作用不显著, $F(1, 30) = 3.51$, $p = 0.07$。

2.2.2　反应时

剔除判断错误的试次；剔除小于 200 ms 和大于 2000 ms 的试次；剔除平均数正负 3 个标准差之外的试次。对反应时进行 2 (线索有效性：有效线索 vs.无效线索) × 2 (通道：视觉 vs.视听觉) × 2 (情绪效价：负性 vs.中性)的重复测量方差分析(图 2)。结果表明线索有效性的主效应显著, $F(1, 30) = 92.04$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.75$，有效条件下的反应(654 ms)显著慢于无效条件下的反应(625 ms)，即出现稳定的 IOR 现象；通道的主效应显著, $F(1, 30) = 38.93$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.57$，即单通道视觉条件下的反应(661 ms)显著慢于视听双通道条件下反应(618 ms)，产生冗余效应，体现了双通道加工的优势；情绪效价主效应显著, $F(1, 30) = 7.72$, $p = 0.01$, $\eta_p^2 = 0.21$，即辨别负性目标的反应(630 ms)显著快于中性目标的反应(649 ms)，表明情绪刺激引起了注意偏向。线索有效性和情绪效价的交互作用显著, $F(1, 30) = 4.28$, $p = 0.047$, $\eta_p^2 = 0.13$；通道和情绪效价的交互作用显著, $F(1, 30) = 55.62$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.65$；线索有效性和通道的交互作用显著, $F(1, 30) = 32.17$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.52$。进一步简单效应分析表明，视觉单通道条件下，无效线索条件下的反应(641 ms)显著快于有效线索条件(681 ms), $F(1, 30) = 103.49$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.78$；视听双通道条件下，无效线索条件下的反应(609 ms)也显著快于有效线索条件(627 ms), $F(1, 30) = 31.57$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.51$，即在两种通道条件下 IOR 现象均稳定出现。线索有效性、通道和情绪效价三者的交互作用显著, $F(1, 30) = 6.62$, $p = 0.02$, $\eta_p^2 = 0.18$。

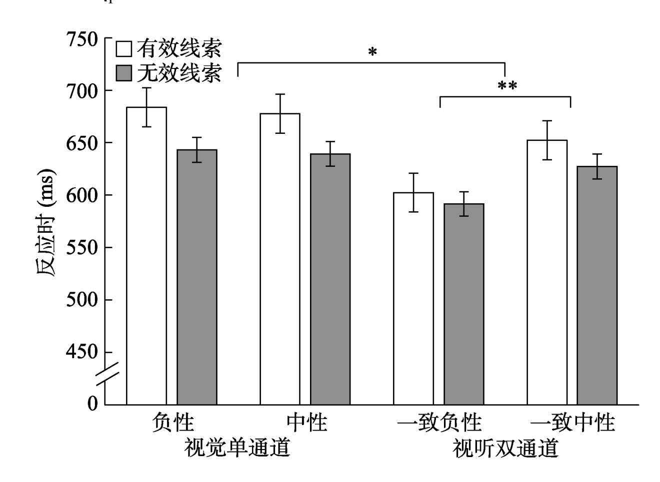


图 2　各个条件下的反应时(注：$*p < 0.05$, $**p < 0.01$)

2.2.3　IOR 效应量

为了考察不同通道类型和情绪效价如何对 IOR 效应产生影响，以 IOR 效应量(线索有效条件下的反应时减去线索无效条件下的反应时)为指标，对数据进行了 2 (通道：视觉 vs.视听觉) × 2 (情绪效价：负性 vs.中性)的重复测量方差分析(图 3a)。结果发现通道主效应显著, $F(1, 30) = 32.16$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.52$，视听双通道条件下的 IOR 效应量(18 ms)显著小于单通道视觉的 IOR 效应量(40 ms)；情绪效价的主效应也显著, $F(1, 30) = 4.27$, $p = 0.047$, $\eta_p^2 = 0.13$，负性目标下的 IOR 效应量(26 ms)显著小于中性目标的 IOR 效应量(32 ms)。通道与情绪目标的交互作用显著，$F(1, 30) = 6.62$, $p = 0.02$, $\eta_p^2 = 0.18$，简单效应分析表明，在视听双通道条件下，辨别负性目标的 IOR 效应量(11 ms)显著小于中性目标(25 ms), $F(1, 30) = 8.12$, $p = 0.008$, $\eta_p^2 = 0.21$。但单通道条件下，辨别负性目标(41 ms)和中性目标(38 ms)之间的 IOR 效应量无显著差异, $F < 1$。此外，在辨别负性目标条件下，视听双通道的 IOR 效应量(11 ms)显著小于视觉单通道的IOR效应量(41 ms), $F(1, 30) = 38.82$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.56$；辨别中性目标条件下，视听双通道的 IOR 效应量(25 ms)显著小于视觉单通道的IOR效应量(38 ms), $F(1, 30) = 6.75$, $p = 0.01$, $\eta_p^2 = 0.18$。以上结果说明仅在视听双通道条件下情绪刺激显著地影响 IOR 效应，并且无论情绪效价如何，视听双通道比视觉单通道更能削弱 IOR 效应量。

2.2.4　相对多感觉反应增强(rMRE)

为了检验整合效应，需要计算不同条件下的相对多感觉反应增强(rMRE)。rMRE 值反映了与单通道视觉目标反应时相比，个体对视听觉目标反应时

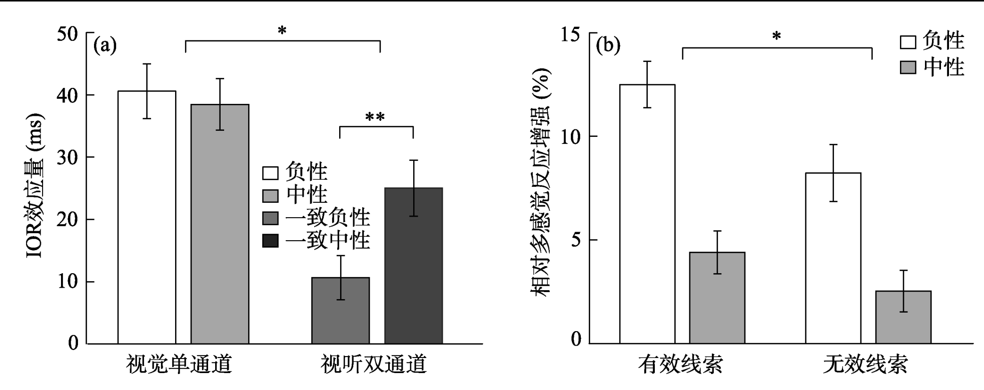


图 3　(a)各个条件下的 IOR 效应量($RT_{有效} - RT_{无效}$), (b) 各个条件下的相对多感觉反应增强(rMRE) (注：*$p < 0.05$, **$p < 0.01$, ***$p < 0.001$)

的加速或减速的相对量，代表多感觉反应增强效应(Tang et al., 2019; van der Stoep et al., 2017)。

$$rMRE=\frac{median(RT_V)-median(RT_{AV})}{median(RT_V)}\times 100\%$$

首先对各个条件下的 rMRE 进行单样本 t 检验(与 0 进行比较)，若 rMRE 值显著大于 0，说明多感觉刺激加速量显著大于零，即出现了多感觉反应增强效应，反之则没有出现。结果发现有效线索负性情绪(t (30) = 11.16, $p < 0.001$, Cohen's d = 2.00, 95% CI = [10.20, 14.78])、有效线索中性情绪(t (30) = 5.99, $p < 0.001$, Cohen's d = 1.08, 95% CI = [5.42, 11.03])、无效线索负性情绪(t (30) = 4.243, $p < 0.001$, Cohen's d = 0.76, 95% CI = [2.28, 6.51])、无效线索中性情绪(t (30) = 2.51, p = 0.018, Cohen's d = 0.45, 95% CI = [0.47, 4.58])的结果均显著大于 0，对于视听双通道目标的反应时要比单通道视觉目标的反应时更短，产生冗余效应，表明存在双通道加工优势。然后对 rMRE 进行 2 (线索有效性：有效线索 vs.无效线索) × 2 (情绪效价：负性 vs.中性)的重复测量方差分析(图 3b)。结果发现线索有效性的主效应显著，$F(1, 30) = 22.61$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.43$，有效线索位置上的 rMRE (8.44%)显著大于无效线索位置(5.38%)。情绪效价的主效应显著，$F(1, 30) = 59.47$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.67$，负性目标的 rMRE (10.36%)显著大于中性目标(3.46%)。线索有效性与情绪效价的交互作用显著，$F(1, 30) = 5.15$, $p = 0.03$, $\eta_p^2 = 0.15$，进一步简单效应分析表明，在有效线索条件下，负性目标的 rMRE (12.49%)显著大于中性目标(4.40%), $F(1, 30) = 75.56$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.72$；在无效线索条件下，负性目标的 rMRE (8.23%)显著大于中性目标(2.53%), $F(1, 30) = 25.13$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.46$。在负性目标条件下，有效线索位置的 rMRE (12.49%)显著大于无效线索位置的 rMRE (8.23%), $F(1, 30) = 26.77$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.47$，在中性目标条件下，有效线索位置的 rMRE (4.40%)显著大于无效线索位置的 rMRE (2.53%), $F(1, 30) = 4.90$, $p = 0.04$, $\eta_p^2 = 0.14$。

2.2.5　讨论

实验 1 的结果发现，被试在有效线索化条件下的反应均慢于无效线索化条件反应，表明 IOR 现象稳定出现。单通道视觉条件下情绪刺激与 IOR 交互作用不显著(图 3a)，但视听双通道条件下情绪一致刺激与 IOR 的交互作用显著，且一致负性目标的 IOR 效应量显著小于一致中性目标的 IOR 效应量，这表明发生在早期知觉阶段的视听双通道情绪一致刺激能够调节 IOR 效应，与实验假设相符。为了验证本研究中视听整合是否发生，计算了 rMRE 值(图 3b)。结果发现，视听双通道条件下的确发生了整合现象，而且一致负性目标的整合效应显著大于一致中性目标。因此实验 1 表明，当在经典的 IOR 范式的目标位置上以视听双通道呈现一致的情绪刺激时，视听双通道情绪一致刺激与 IOR 均处于早期的知觉阶段，由于二者之间会产生注意资源的竞争，情绪刺激会占用更多的加工资源，因此具有注意优先性的视听双通道情绪一致刺激能够削弱 IOR 效应。但以往视听目标 IOR 效应的研究发现，当同时呈现非情绪性的听觉刺激时，也会发生视听觉整合，促进视觉加工，从而影响 IOR 效应(Tang et al., 2019; van der Stoep et al., 2017)。那么实验 1 中视听双通道情绪一致刺激对 IOR 的影响是否是由听觉通道一致的情绪刺激导致的，即是否对听觉通道情绪刺激进行了加工还有待确定。因此本研究设计了实验 2，操纵听觉通道的情绪刺激效价与视觉通道的情绪刺激效价不一致，其他条件与实验 1 相同，进一步探讨视听双通道情绪一致刺激对 IOR 的影响。

3　实验 2：视听双通道情绪不一致对返回抑制的影响

3.1　方法

3.1.1　被试

本实验在苏州大学随机招募 32 名被试，被试的听力，视力或矫正视力正常，习惯手均为右手，未有精神疾病，并报告未参加过同类实验，于实验结束后获取相应的报酬。其中有 1 名被试正确率低于 80%，低正确率的出现可能是由被试不认真或注意力不集中导致，因此后续的数据分析中排除 1 名低正确率的被试，共 31 名被试(男生 13 名，女生 18 名，平均年龄 20.75 ± 2.31 岁)纳入后续的数据分析。为了评估本研究的统计检验力，通过软件 G*Power 3.1 (Faul et al., 2009; Faul et al., 2007)对双侧配对样本 *t* 检验进行了敏感性分析(sensitivity analysis)，设置 α = 0.05，power = 0.80，计算出 effect size *dz* = 0.52，根据以往研究本研究的效应量达到了中等效应量，因此本研究的统计检验力较好。

3.1.2　实验仪器与材料

同实验 1。

3.1.3　实验设计与流程

与实验 1 的不同在于目标以视听双通道呈现时，视听双通道呈现的情绪效价是不一致的(视觉负性面孔−听觉中性声音；视觉中性面孔−听觉负性声音)，除此以外与实验 1 相同。

3.2　结果与分析

3.2.1　正确率

对正确率进行 2 (线索有效性：有效线索 vs.无效线索) × 2 (通道：视觉 vs.视听觉) × 2 (情绪效价：负性 vs.中性)的重复测量方差分析。结果发现，线索有效性的主效应不显著，$F(1, 30) = 1.38$，$p = 0.25$；通道主效应不显著，$F(1, 30) = 3.90$，$p = 0.06$；情绪效价主效应显著，$F(1, 30) = 15.07$，$p = 0.001$，$\eta_p^2 = 0.33$，即辨别负性目标的正确率(97%)要显著小于中性目标(98%)；线索有效性与通道的交互作用不显著，$F < 1$；线索有效性与情绪效价的交互作用不显著，$F < 1$；通道与情绪效价的交互作用显著，$F(1, 30) = 6.73$，$p = 0.02$，$\eta_p^2 = 0.18$；线索有效性、通道和情绪效价三因素交互作用不显著，$F < 1$。

3.2.2　反应时

剔除判断错误的试次；剔除小于 200 ms 和大于 2000 ms 的试次；剔除平均数正负 3 个标准差之外的试次。对反应时进行 2 (线索有效性：有效线索 vs.无效线索) × 2 (通道：视觉 vs.视听觉) × 2 (情绪效价：负性 vs.中性)的重复测量方差分析(图 4)。结果发现线索有效性的主效应显著，$F(1, 30) = 60.07$，$p < 0.001$，$\eta_p^2 = 0.67$，线索有效条件下的反应(707 ms)显著慢于无效条件下的反应(669 ms)，即出现稳定的 IOR 现象；通道的主效应显著，$F(1, 30) = 9.07$，$p = 0.01$，$\eta_p^2 = 0.23$，即单通道视觉条件下的反应(678 ms)显著快于视听双通道条件下反应(698 ms)，以往视听双通道加工优势没有出现，当视听双通道呈现刺激不一致时比单通道具有更长的反应时；情绪效价主效应不显著，$F < 1$。线索有效性和通道的交互作用不显著，$F < 1$；线索有效性和情绪效价的交互作用不显著，$F(1, 30) = 2.17$，$p = 0.15$；通道和情绪效价的交互作用不显著，$F < 1$；线索有效性、通道和情绪效价三者的交互作用不显著，$F < 1$。

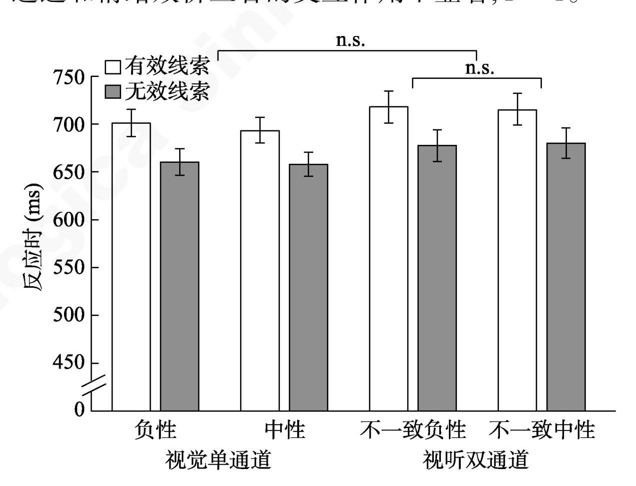


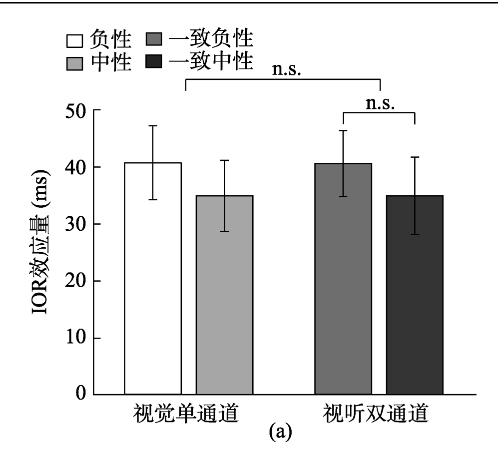
图 4　各个条件下的反应时(注：n.s. $p > 0.05$)

3.2.3　IOR 效应量

以 IOR 效应量为指标，对数据进行 2 (通道：视觉 vs.视听觉) × 2 (情绪效价：负性 vs.中性)的重复测量方差分析。结果如图 5(a)所示，通道主效应不显著，$F < 1$；情绪效价主效应不显著，$F(1, 30) = 2.17$，$p = 0.15$。通道与情绪效价的交互作用不显著，$F < 1$。

3.2.4　相对多感觉反应增强(rMRE)

首先对各个条件下的 rMRE 进行单样本 *t* 检验(与 0 进行比较)，发现有效线索负性情绪条件下没有显著小于 0 ($t(30) = −1.31$，$p = 0.20$)，在无效线索负性情绪($t(30) = −2.86$，$p = 0.008$，Cohen's $d = −0.51$，95% CI = [−4.69, −0.78])、有效线索中性情绪($t(30) = −2.38$，$p = 0.024$，Cohen's $d = −0.43$，95% CI = [−4.35, −0.33])和无效线索中性情绪($t(30) = −3.19$，$p = 0.003$，Cohen's $d = −0.57$，95% CI =



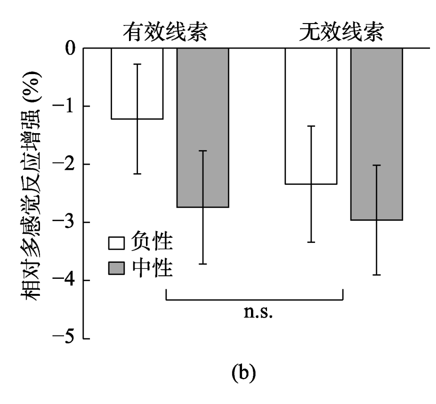


图 5 (a) 各个条件下的 IOR 效应量(RT $_{有效}$ − RT $_{无效}$), (b) 各个条件下的相对多感觉反应增强(rMRE) (注：n.s. $p > 0.05$)

[−4.85, −1.06])条件下结果均显著的小于 0，表明视听双通道呈现不一致刺激时没有表现出冗余效应，双通道加工优势不存在。然后对 rMRE 进行 2 (线索有效性：有效线索 vs.无效线索) × 2 (情绪效价：负性 vs.中性)的重复测量方差分析。结果如图 5(b)所示，线索有效性的主效应不显著，$F(1, 30) = 1.95$, $p = 0.17$；情绪效价主效应不显著，$F(1, 30) = 1.09$, $p = 0.31$。线索有效性与情绪效价的交互作用不显著，$F < 1$。

3.2.5 讨论

实验 2 的结果显示，在不同条件下 IOR 效应均稳定出现，但实验 1 在视听双通道条件下发现的情绪刺激与 IOR 的交互作用在实验 2 中没有发现。同时，不同通道条件下的 IOR 效应量无显著差异，即不一致的视听双通道情绪刺激没有对 IOR 产生影响。从 rMRE 值(图 5b)的结果发现，当视听双通道呈现不一致的情绪刺激没有出现冗余效应，被试对双通道不一致条件下的反应不具有加工优势。根据实验 2 的结果可以推断，不一致的视听双通道情绪刺激可能未在知觉阶段发生整合加工，此时与 IOR 处于不同的加工阶段(知觉阶段)，因此不会削弱 IOR 效应。由此推断，实验 1 中视听双通道情绪一致刺激对 IOR 的影响是由听觉通道一致的情绪刺激导致的，即对听觉通道的情绪刺激进行了加工。综上，实验 2 的结果表明，视听双通道情绪不一致刺激未在知觉阶段发生整合加工时，不会影响知觉阶段发生的 IOR 效应，这与单通道条件下情绪刺激与 IOR 的结果一致(Jia et al., 2019)。

4 讨论

本研究采用线索−目标范式，操纵线索有效性、目标情绪效价和目标通道三个变量，考察视听双通道情绪一致刺激对 IOR 的影响。实验 1 视听双通道呈现一致的情绪刺激时发现无效线索条件下的反应快于有效线索，即 IOR 现象稳定的出现；同时出现视听双通道的冗余效应，视听双通道反应快于视觉单通道；此外，与以往研究一致的情绪注意偏向出现，即被试对负性目标的反应显著快于中性目标。进一步分析发现，视听双通道条件下情绪一致刺激与 IOR 的交互作用，具体表现为，在视听双通道条件下，一致的负性目标产生的 IOR 效应量要显著地小于中性目标的 IOR 效应量；但在视觉单通道条件下并没有发现二者的交互作用。此外，视听双通道目标产生的 IOR 效应量要显著地小于视觉单通道的 IOR 效应量。实验 1 的结果表明，当视听双通道呈现一致的情绪刺激时能够削弱发生在同一加工阶段的 IOR 效应。在实验 2 中，当以视听双通道呈现不一致的情绪刺激时，结果发现视觉单通道与视听双通道均产生了稳定的 IOR 效应，但视听双通道条件下情绪不一致刺激与 IOR 之间不存在交互作用，同时视觉单通道 IOR 效应量与视听双通道 IOR 效应量也不存在显著差异。实验 2 的结果表明，呈现视听双通道情绪不一致刺激时对 IOR 没有影响。综合实验 1 与实验 2 的结果表明，视听双通道呈现情绪一致刺激时，才会影响同一阶段的 IOR 效应。

实验 1 发现视觉单通道条件下情绪效价(负性 vs.中性)产生的 IOR 效应量不存在显著差异。这与以往研究结果一致，表明视觉单通道呈现情绪刺激时并不会影响辨别任务中的 IOR 效应，进一步支持了 IOR 的确具有“盲目性”，不会受到情绪刺激干扰影响的观点(Berdica et al., 2017; Jia et al., 2019)。研究者认为 IOR 是在知觉层面发生的注意抑制现象，是一种自下而上的行为过程。而在本研究中，实验

任务是要求被试辨别目标刺激的情绪效价，这是一种经过深度加工以后才可以完成的任务，属于对情绪刺激的意识反应阶段，在辨别刺激属性时会受到多种因素的影响，例如相关的个人经验等，这是一种自上而下的加工过程(Jia et al., 2019)。由于两个不同的加工过程沿着不同的神经通路独立发生，因此二者之间不会产生相互影响。这一研究结果同时也进一步支持了 IOR 的确发生在知觉阶段。

重要的是，实验 1 采用了在知觉阶段发生整合的视听双通道情绪一致刺激进一步探究情绪刺激与 IOR 的关系。结果发现了视听双通道条件下情绪一致刺激与 IOR 之间的交互作用，即视听双通道呈现一致的负性目标比一致的中性目标产生了更小的 IOR 效应量(图 3a)。结合反映整合效应的 rMRE 值发现，在视听双通道条件下，一致负性目标和一致中性目标都产生了视听觉整合效应(图 3b)，被试对视听双通道目标的反应显著快于视觉单通道目标，视听双通道的加工优势出现，即产生冗余效应。此外，本研究发现，无论是在有效线索位置还是无效线索位置，一致负性目标的 rMRE 值都比中性目标大，即一致负性目标在知觉阶段发生了更显著的整合效应(图 3b)。这一结果与以往视听双通道情绪的研究一致，相比于中性目标，当视听双通道呈现一致的负性目标(如恐惧)时，更能够促进整合过程，且早期整合效应更强，这同样反应了情绪信息因具有进化意义而表现出双通道情绪整合的情绪特异性(Lang et al., 2000)。因此，研究结果证明了发生在早期知觉阶段的视听双通道情绪一致刺激与 IOR 处于同一加工阶段，情绪刺激能够削弱 IOR 效应，说明 IOR 具有一定的适应性，能够帮助人们更好地适应社会，与实验假设相符。根据 IOR 的知觉抑制理论，IOR 发生在早期知觉阶段，通过对先前搜索的位置进行注意抑制来促进搜索效率(Prime & Jolicœur, 2009; Reuter-Lorenz et al., 1996)。但由于注意资源的有限性，IOR 会受到其他能够引起注意偏向的刺激的影响，从而适应环境变化。以往相关研究的结果表明，当情绪刺激以视听双通道呈现时，视听双通道情绪一致刺激的整合加工也发生在知觉阶段(de Gelder & Vroomen, 2000; Jessen & Kotz, 2011; Kokinous et al., 2015; Pourtois et al., 2000)。综上，本研究结果证明了情绪刺激的加工与 IOR 的产生同在知觉阶段时，由于二者处于竞争状态，情绪刺激会占用更多的加工资源，所以具有注意优先性的情绪刺激能够削弱 IOR 效应(Pan et al., 2017)，这也进一步支持了 IOR 的知觉抑制理论。

此外，实验 1 发现视听双通道目标比视觉单通道目标更能削弱 IOR 效应量，无论是在负性目标还是中性目标条件下，不同通道的 IOR 效应量都有显著差异(图 3a)。以往研究表明，当以视听双通道呈现目标刺激时，视觉和听觉通道会因为时间和空间的一致性发生整合。为了反映整合效应，实验 1 在数据分析时计算了 rMRE 值。由图 3b 可知，实验 1 中的确发生了视听整合(各种条件下 rMRE 值均显著大于 0)，并且有效线索位置的整合效应显著的大于无效线索位置。以往视听目标 IOR 效应的研究发现同时呈现视听刺激时能够发生视听觉整合现象，从而对 IOR 有一定的影响，研究表明当视听觉目标 IOR (降低显著性)遇到视听觉整合(增加感知觉显著性)时，视听觉整合可以帮助视听觉目标抵抗其在早期感知/注意处理中被抑制(Tang et al., 2019)。也就说当刺激以视听这样的双通道形式出现时，会发生视听觉整合现象，而这样的整合由于比单通道能更加增强刺激感知显著性从而促进对刺激的加工(Stein & Stanford, 2008)。因此当视听双通道目标出现在了曾经注意过的位置时，相比于单通道它会因为增强的感知显著性去削弱 IOR 的抑制效应。这与本研究的结果一致，即视听双通道目标比视觉单通道目标更能削弱 IOR 效应。

实验 1 发现视听双通道情绪一致条件下削弱 IOR，同时也发现了不同通道间的 IOR 效应量差异。在目标位置呈现视听刺激的 IOR 研究发现当同时呈现非情绪性的听觉刺激时，也会发生视听觉整合，促进视觉加工，从而影响 IOR 效应(Tang et al., 2019; van der Stoep et al., 2017)。因此，实验 2 通过设置视听双通道呈现不一致的情绪刺激进一步探究视听双通道情绪一致刺激对 IOR 的影响。结果发现，实验 2 结果与实验 1 不同。在实验 2 中视听双通道情绪不一致刺激与 IOR 不存在交互作用；同时，不同通道条件下的 IOR 效应量无显著差异。实验 2 与实验 1 唯一不同在于听觉通道的情绪刺激效价与视觉通道情绪刺激效价是否一致，其他条件保持不变。因此可以推断，视听双通道情绪一致刺激对 IOR 的影响是由听觉通道一致的情绪刺激导致的，即对听觉通道的情绪刺激进行了加工，而视听双通道情绪不一致刺激可能未在知觉阶段发生整合，此时与 IOR 处于不同的加工阶段，因此不会削弱 IOR 效应。此外，实验 2 中 rMRE 值(图 5b)的结果发现，当视听双通道呈现不一致的情绪刺激时，视听双通

道条件下没有出现冗余效应，被试对视听双通道不一致条件下的反应不具有加工优势，甚至实验 2 中要求对视觉通道情绪效价进行辨别时，受到了不一致的听觉通道情绪声音的干扰，具体表现为视听双通道条件下的反应比视觉单通道条件下更慢(图 4)。这一结果与以往视听双通道情绪的研究结果一致，即对一种通道的情绪辨别会被其他通道呈现一致的情绪刺激所增强，但会被其他通道呈现不一致的情绪刺激所削弱(Collignon et al., 2008; de Gelder & Vroomen, 2000; Müller et al., 2011)。以往对 Stroop 效应(视觉颜色)与 IOR 间关系的研究发现两者在视觉通道下交互作用显著，并且线索化位置的干扰量减小，这可能是由于 IOR 抑制了前反应水平的信息加工(Chen et al., 2006)。Zhao 等人(2017)采用词−面孔 Stroop 范式探讨了视觉通道下情绪干扰效应与 IOR 之间的关系，结果发现情绪干扰与 IOR 也发生了交互作用。然而，本研究结果发现，双通道不一致情绪刺激和单通道视觉情绪刺激没有与线索有效性产生交互作用，即听觉不一致情绪的干扰效应没有影响 IOR 效应。这可能由于视听双通道呈现不一致的情绪刺激时未在早期知觉阶段发生整合，而返回抑制是通过影响刺激的早期知觉加工产生抑制效应，所以二者没有产生交互作用，这进一步地支持了实验 1 的结果，表明视听双通道情绪一致刺激削弱 IOR 是因为呈现一致的视听双通道情绪刺激时会影响同一阶段(知觉阶段)的 IOR 效应，从而进一步支持了 IOR 的确发生在知觉阶段。

5 结论

(1)当以视听双通道呈现一致的情绪刺激时，由于一致的情绪刺激在知觉阶段发生整合，从而影响了发生在同一知觉阶段的 IOR 效应；

(2)当以视听双通道呈现不一致的情绪刺激时，视听双通道情绪不一致刺激对 IOR 没有影响。

当视听双通道情绪刺激一致时，才会在知觉阶段发生整合进而削弱 IOR 效应量，研究结果进一步支持了 IOR 的知觉抑制理论。

参 考 文 献

Anderson, A. K., Christoff, K., Panitz, D., de Rosa, E., & Gabrieli, J. D. E. (2003). Neural correlates of the automatic processing of threat facial signals. *The Journal of Neuroscience*, *23*(13), 5627–5633.

Anderson, A. K., & Phelps, E. A. (2001). Lesions of the human amygdala impair enhanced perception of emotionally salient events. *Nature*, *411*(6835), 305–309.

Baijal, S., & Srinivasan, N. (2011). Emotional and hemispheric asymmetries in shifts of attention: An ERP study. *Cognition and Emotion*, *25*(2), 280–294.

Belin, P., Fillion-Bilodeau, S., & Gosselin, F. (2008). The Montreal Affective Voices: A validated set of nonverbal affect bursts for research on auditory affective processing. *Behavior Research Methods*, *40*(2), 531–539.

Berdica, E., Gerdes, A. B. M., & Alpers, G. W. (2017). A comprehensive look at phobic fear in inhibition of return: Phobia-related spiders as cues and targets. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, *54*, 158–164.

Chen, Q., Wei, P., & Zhou, X. (2006). Distinct neural correlates for resolving stroop conflict at inhibited and noninhibited locations in inhibition of return. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*(11), 1937–1946.

Collignon, O., Girard, S., Gosselin, F., Roy, S., Saint-Amour, D., Lassonde, M., & Lepore, F. (2008). Audio-visual integration of emotion expression. *Brain Research*, *1242*, 126–135.

de Gelder, B., & Vroomen, J. (2000). The perception of emotions by ear and by eye. *Cognition and Emotion*, *14*(3), 289–311.

Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A. G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, *41*(4), 1149–1160.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, *39*(2), 175–191.

Fox, E., Russo, R., & Dutton, K. (2002). Attentional bias for threat: Evidence for delayed disengagement from emotional faces. *Cognition and Emotion*, *16*(3), 355–379.

Guan, J., Li, W. R., & Zhao, X. D. (2018). The competition between inhibition of return and emotional attention bias: Evidence from eye movements. *Journal of Psychological Science*, *41*(06), 1353–1358.

[关荐, 李文瑞, 赵旭东. (2018). 返回抑制和情绪信息注意偏向的竞争:来自眼动的证据. *心理科学*, *41*(06), 1353−1358.]

Hopfinger, J. B., & Mangun, G. R. (2001). Tracking the influence of reflexive attention on sensory and cognitive processing. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *1*(1), 56–65.

Jessen, S., & Kotz, S. A. (2011). The temporal dynamics of processing emotions from vocal, facial, and bodily expressions. *NeuroImage*, *58*(2), 665–674.

Jia, L., Wang, J., Zhang, K., Ma, H., & Sun, H. J. (2019). Do emotional faces affect inhibition of return? An ERP study. *Frontiers in Psychology*, *10*(721), 1–8.

Klasen, M., Kreifelts, B., Chen, Y. H., Seubert, J., & Mathiak, K. (2014). Neural processing of emotion in multimodal settings. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*(822), 1–4.

Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(4), 138–147.

Kokinous, J., Kotz, S. A., Tavano, A., & Schröger, E. (2014). The role of emotion in dynamic audiovisual integration of faces and voices. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *10*(5), 713–720.

Lang, P. J., Davis, M., & Öhman, A. (2000). Fear and anxiety: Animal models and human cognitive psychophysiology. *Journal of Affective Disorders*, *61*(3), 137–159.

Lange, W. G., Heuer, K., Reinecke, A., Becker, E. S., & Rinck, M. (2008). Inhibition of return is unimpressed by emotional cues. *Cognition and Emotion*, *22*(8), 1433–1456.

Li, P., Zhang, M. M., Li, S. X., Zhang, H.Y., & Luo W. B. (2019). The integration of facial expression and vocal emotion and its brain mechanism. *Advances in Psychological*

Science, *27*(7), 1205–1214.
[李萍, 张明明, 李帅霞, 张火垠, 罗文波. (2019). 面孔表情和声音情绪信息整合加工的脑机制. *心理科学进展*, *27*(7), 1205–1214.]
Lupiáñez, J., Klein, R. M., & Bartolomeo, P. (2006). Inhibition of return: Twenty years after. *Cognitive Neuropsychology, 23*(7), 1003–1014.
Miller, J. (1986). Timecourse of coactivation in bimodal divided attention. *Perception & Psychophysics*, *40*(5), 331–343.
Mineka, S., & Öhman, A. (2002). Phobias and preparedness: The selective, automatic, and encapsulated nature of fear. *Biological Psychiatry*, *52*(10), 927–937.
Müller, V. I., Habel, U., Derntl, B., Schneider, F., Zilles, K., Turetsky, B. I., & Eickhoff, S. B. (2011). Incongruence effects in crossmodal emotional integration. *NeuroImage*, *54*(3), 2257–2266.
Okon-Singer, H., Henik, A., & Gabay, S. (2020). Increased inhibition following negative cues: A possible role for enhanced processing. *Cortex*, *122*, 131–139.
Pan, F., Wu, X., Zhang, L., & Ou, Y. (2017). Inhibition of return is modulated by negative stimuli: Evidence from subliminal perception. *Frontiers in Psychology*, *8*(1012), 1–8.
Pérez-Dueñas, C., Acosta, A., & Lupiáñez, J. (2009). Attentional capture and trait anxiety: Evidence from inhibition of return. *Journal of Anxiety Disorders*, *23*(6), 782–790.
Pérez-Dueñas, C., Acosta, A., & Lupiáñez, J. (2014). Reduced habituation to angry faces: Increased attentional capture as to override inhibition of return. *Psychological Research*, *78*(2), 196–208.
Posner, M., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. *Attention and Performance X: Control of Language Processes*, *32*, 531–556.
Pourtois, G., de Gelder, B., Vroomen, J., Rossion, B., & Crommelinck, M. (2000). The time-course of intermodal binding between seeing and hearing affective information. *NeuroReport, 11*(6), 1329–1333.
Pourtois, G., Schettino, A., & Vuilleumier, P. (2013). Brain mechanisms for emotional influences on perception and attention: What is magic and what is not. *Biological Psychology, 92*(3), 492–512.
Prime, D. J., & Jolicœur, P. (2009). On the relationship between occipital cortex activity and inhibition of return. *Psychophysiology*, *46*(6), 1278–1287.
Prime, D. J., & Ward, L. M. (2006). Cortical expressions of inhibition of return. *Brain Research*, *1072*(1), 161–174.
Redden, R. S., MacInnes, W. J., & Klein, R. M. (2021). Inhibition of return: An information processing theory of its natures and significance. *Cortex*, *135*, 30–48.
Reuter-Lorenz, P. A., Jha, A. P., & Rosenquist, J. N. (1996). What is inhibited in inhibition of return. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *22*(2), 367–378.
Rutherford, H. J. V., & Raymond, J. E. (2010). Effects of spatial cues on locating emotional targets. *Visual Cognition*, *18*(3), 389–412.
Silvert, L., & Funes, M. J. (2016). When do fearful faces override inhibition of return? *Acta Psychologica*, *163*, 124–134.
Stein, B. E., & Stanford, T. R. (2008). Multisensory integration: Current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Reviews Neuroscience*, *9*(4), 255–266.
Stoyanova, R. S., Pratt, J., & Anderson, A. K. (2007). Inhibition of return to social signals of fear. *Emotion*, *7*(1), 49–56.
Talsma, D., & Woldorff, M. G. (2005). Selective attention and multisensory integration: Multiple phases of effects on the evoked brain activity. *Journal of Cognitive Neuroscience, 17*(7), 1098–1114.
Tang, X., Gao, Y., Yang, W., Ren, Y., Wu, J., Zhang, M., & Wu, Q. (2019). Bimodal-divided attention attenuates visually induced inhibition of return with audiovisual targets. *Experimental Brain Research*, *237*(4), 1093–1107.
Taylor, T. L., & Klein, R. M. (1998). On the causes and effects of inhibition of return. *Psychonomic Bulletin & Review*, *5*(4), 625–643.
Taylor, T. L., & Therrien, M. E. (2008). Inhibition of return for the discrimination of faces. *Perception & Psychophysics*, *70*(2), 279–290.
Tian, Y., & Yao, D. (2008). A study on the neural mechanism of inhibition of return by the event-related potential in the Go/Nogo task. *Biological Psychology*, *79*(2), 171–178.
Tottenham, N., Tanaka, J. W., Leon, A. C., McCarry, T., Nurse, M., Hare, T. A., Marcus, D. J., Westerlund, A., Casey, B. J., & Nelson, C. (2009). The NimStim set of facial expressions: Judgments from untrained research participants. *Psychiatry Research*, *168*(3), 242–249.
Troiani, V., Price, E. T., & Schultz, R. T. (2014). Unseen fearful faces promote amygdala guidance of attention. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 9*(2), 133–140.
Ulrich, R., Miller, J., & Schröter, H. (2007). Testing the race model inequality: An algorithm and computer programs. *Behavior Research Methods*, *39*(2), 291–302.
van der Burg, E., Talsma, D., Olivers, C. N. L., Hickey, C., & Theeuwes, J. (2011). Early multisensory interactions affect the competition among multiple visual objects. *NeuroImage*, *55*(3), 1208–1218.
van der Stoep, N., van der Stigchel, S., Nijboer, T. C. W., & Spence, C. (2017). Visually induced inhibition of return affects the integration of auditory and visual information. *Perception*, *46*(1), 6–17.
Vizueta, N., Patrick, C. J., Jiang, Y., Thomas, K. M., & He, S. (2012). Dispositional fear, negative affectivity, and neuroimaging response to visually suppressed emotional faces. *NeuroImage*, *59*(1), 761–771.
Wang, J. X., Jia, L. P., Zhang, K., & Zhang, S. (2013). Influence of emotional faces for different location on inhibition of return. *Journal of Psychological Science, 36*(02), 335–339.
[王敬欣, 贾丽萍, 张阔, 张赛. (2013). 不同位置的情绪面孔加工对返回抑制的影响. *心理科学*, *36*(02), 335–339.]
Wang, Z., Zhang, K., & Klein, R. M. (2010). Inhibition of return in static but not necessarily in dynamic search. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *72*(1), 76–85.
Zhao, X., Li, X., & Shi, W. (2017). Influence of inhibitory tagging (IT) on emotional and cognitive conflict processing: Evidence from event-related potentials. *Neuroscience Letters*, *657*, 120−125.

Effects of integration of facial expression and emotional voice on inhibition of return

ZHANG Ming[1,2], WANG Tingting[1], WU Xiaogang[3], ZHANG Yue'e[1], WANG Aijun[1]

([1] *Department of Psychology, Research Center for Psychology and Behavioral Sciences, Soochow University, Suzhou* 215000, *China*)

([2] *Graduate School of Interdisciplinary Science and Engineering in Health Systems, Okayama University, Okayama* 700-8530, *Japan*)

([3] *Department of Psychology, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou* 215009, *China*)

Abstract

Both inhibition of return (IOR) and emotion have the characteristics of attentional bias and improving search efficiency. Previous studies mostly used a single modality presentation of emotional stimuli to investigate the relationship between the two, but the findings are inconsistent. Existing studies have shown that the congruent emotion of audiovisual dual modality can be integrated into the perceptual stage, which is the same as the processing stage of IOR. Therefore, the present study adopted the cue-target paradigm and used audiovisual dual modality to present emotional stimuli to further investigate the interaction between emotion and IOR.

Experiment 1 was a three-factor within-subject design. We manipulated the presentation of cue validity (cued vs. uncued), target modalities (visual vs. audiovisual), and emotion type (negative vs. neutral). The task of the subjects was to identify the emotional stimuli of visual modality. Experiment 2 was similar to Experiment 1, but the emotional congruency was changed. The audiovisual dual modality presented incongruent emotional stimuli (visual negative face-auditory neutral sound; visual neutral face-auditory negative sound) to further investigate whether the impact of the audiovisual dual modality emotional stimulus on IOR was caused by the emotional stimulus of the auditory modality, that is, whether the emotional stimulus of the auditory modality was processed.

In Experiment 1, the responses in the cued condition were slower than those in the uncued condition, which suggested that IOR occurred. More importantly, the interaction between emotion type and cue validity in the audiovisual dual modality condition showed that congruent negative emotion produces a smaller IOR effect (11 ms) than neutral emotion (25 ms). At the same time, the audiovisual dual modality condition produced a smaller IOR effect (18 ms) than the visual single modality condition (40 ms). We also found a larger multisensory response enhancement effect in the congruent negative emotion than in the neutral emotion. In Experiment 2, the results showed that there was no interaction between emotion and IOR under the condition of audiovisual dual modality, and there was no significant difference in IOR effect between single modality and audiovisual dual modality. This indicated that the IOR effect was not influenced by the presence of incongruent emotion in the audiovisual dual modality. In summary, the present study showed that the IOR effect was influenced only when the audiovisual dual modality presented the same emotion.

Our findings revealed that IOR and audiovisual dual modality congruent emotion in the same processing stage had a mutual influence. Audiovisual dual modality congruent emotion weakened the IOR effect, and the differences between the negative emotion and the neutral emotion showed the adaptability of IOR. At the same time, this study further supports the perceptual inhibition theory of IOR.

Key words inhibition of return, emotion, audiovisual integration